

# MACHINING METHOD BY HIGH-POWER ULTRA SHORT PULSE LASER

Veröffentlichungsnummer JP2001239379 (A)

Auch veröffentlicht als

Veröffentlichungsdatum: 2001-09-04

JP3779119 (B2)

Erfinder: MASUHARA HIROSHI; SHIROTA YASUHIKO; ASAHI TAKESHI; HOSOKAWA YOICHIRO +

Anmelder: JAPAN SCIENCE & TECH CORP +

Klassifikation:

- Internationale: B23K26/00; B23K26/06; B23K26/38; H01S3/10; B23K26/00; B23K26/06; H01S3/10; (IPC1-7): B23K26/00; H01S3/10

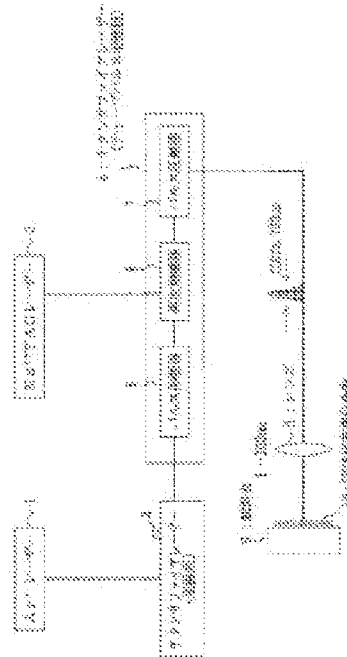
- Europäische: B23K26/06S4B

Anmeldenummer: JP20000052687 20000229

Prioritätsnummer(n): JP20000052687 20000229

Zusammenfassung von JP 2001239379 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a machining method by high-power ultra-short pulse laser which controls accurately machining depth in solid organic-compound. SOLUTION: The machining method by high-power ultra-short pulse laser is characterized in that a single high-power ultra-short pulse laser ray applied to solid organic-compound 10, the absorption coefficient of which is not more than  $10 \mu\text{m}^{-1}$ , only surface layer of the area where solid organic-compound 10 absorbs a half of laser beam, is machined.



Daten sind von der [espacenet](http://www.espacenet.com) Datenbank verfügbar --- Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-239379  
(P2001-239379A)

(43) 公開日 平成13年9月4日 (2001.9.4)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デ-マコト* (参考)
B 2 3 K 26/00		B 2 3 K 26/00	G 4 E 0 6 8
	3 3 0		3 3 0 5 F 0 7 2
H 0 1 S 3/10		H 0 1 S 3/10	Z

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-52687(P2000-52687)

(22) 出願日 平成12年2月29日 (2000.2.29)

特許法第30条第1項適用申請有り 1999年9月1日 社  
団法人応用物理学会発行の「1999年(平成11年)秋季第  
60回応用物理学会学術講演会講演予稿集 第3分冊」に  
発表

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 増原 宏

大阪府東大阪市南鴻池町2-4-16

(72) 発明者 城田 靖彦

大阪府豊中市大黒町3-5-7

(72) 発明者 朝日 剛

大阪府高槻市日吉台4番町20-56

(72) 発明者 細川 陽一郎

兵庫県神戸市北区道場町日下部719-8

(74) 代理人 100089635

弁理士 清水 守

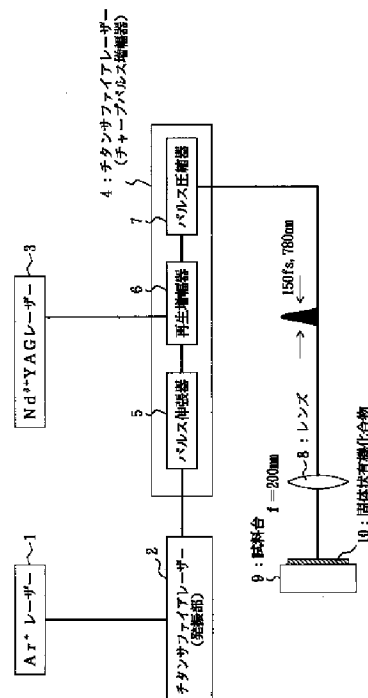
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度超短パルスレーザー加工方法

(57) 【要約】

【課題】 固体状有機化合物に対して加工深さを正確に  
制御できる高強度超短パルスレーザー加工方法を提供す  
る。

【解決手段】 高強度超短パルスレーザー加工方法であ  
って、高強度超短パルスレーザーを、吸収係数が $10\mu$   
 $m^{-1}$ 以下の固体状有機化合物に対して単発で照射し、レ  
ーザー光の半分が固体状有機化合物10に吸収される領  
域の表面層のみが加工されることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】高強度超短パルスレーザーを、固体状有機化合物に対して単発で照射し、レーザー光の半分が固体状有機化合物に吸収される領域の表面層のみが加工されることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

【請求項2】請求項1記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記固体状有機化合物は吸収係数がレーザーの波長で $10\mu\text{m}^{-1}$ 以下であることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

【請求項3】請求項1記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記表面層は固体状有機化合物中でレーザー光が均一に吸収される領域であることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

【請求項4】請求項1記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記表面層はレーザー光の20%以下が固体状有機化合物に吸収される領域であることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

【請求項5】請求項1記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記固体状有機化合物は低分子量化合物であることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

【請求項6】請求項5記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記固体状有機化合物は芳香族系固体状有機化合物であることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

【請求項7】請求項1記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記高強度超短パルスレーザーは高強度フェムト秒レーザーであることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

【請求項8】請求項1記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記高強度超短パルスレーザーは高強度ピコ秒レーザーであることを特徴とする高強度超短パルスレーザー加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度超短パルスレーザー加工方法に係り、特に高強度のフェムト秒レーザーを利用した低分子有機化合物の加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザーアブレーションの応用は、成膜、マイクロリソグラフィ、孔明け加工、エッチング等があるが、高強度でかつ超短パルスのレーザー（高強度フェムト秒レーザー）が加工分野への応用として注目され、金属のレーザーアブレーション、固体表面の改質、透明誘電体のバルク改質、超精密加工、角膜手術や細胞融合などの生体への応用がある（応用物理、67、No. 9（1998）、pp. 1051～1055）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、レーザ

ー加工において、アブレーションしきい値を超えると、レーザー入力に比例して被加工部位が大きくなる。幅や面積、又は深さが大となる。従って、所望の寸法を得るためには被加工物体へのレーザー入力を厳しく制御する必要がある。

【0004】本発明は、上記状況に鑑みて、固体状有機化合物に対して加工深さを制御できる高強度超短パルスレーザー加工方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、〔1〕高強度超短パルスレーザー加工方法であって、高強度超短パルスレーザーを、固体状有機化合物に対して単発で照射し、レーザー光の半分が固体状有機化合物に吸収される領域の表面層のみが加工されることを特徴とする。

【0006】〔2〕上記〔1〕記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記固体状有機化合物は吸収係数がレーザーの波長で $10\mu\text{m}^{-1}$ 以下であることを特徴とする。

【0007】〔3〕上記〔1〕記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記表面層は固体状有機化合物中でレーザー光が均一に吸収される領域であることを特徴とする。

【0008】〔4〕上記〔1〕記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記表面層はレーザー光の20%以下が固体状有機化合物に吸収される領域であることを特徴とする。

【0009】〔5〕上記〔1〕記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記固体状有機化合物は低分子量化合物であることを特徴とする。

【0010】〔6〕上記〔5〕記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記固体状有機化合物は芳香族系固体状有機化合物であることを特徴とする。

【0011】〔7〕上記〔1〕記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記高強度超短パルスレーザーは高強度フェムト秒レーザーであることを特徴とする。

【0012】〔8〕上記〔1〕記載の高強度超短パルスレーザー加工方法において、前記高強度超短パルスレーザーは高強度ピコ秒レーザーであることを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0014】図1は本発明の高強度超短パルスレーザー加工システムの全体構成図である。

【0015】この図において、1はAr<sup>+</sup>レーザー、2はチタンサファイアレーザー（発振部）、3はNd<sup>3+</sup>:YAGレーザー、4はチタンサファイアレーザー（チャープパルス増幅器）であり、このチタンサファイアレーザ

ー4は、パルス伸張器5、再生増幅器6、パルス圧縮器7からなる。このパルス圧縮器7からは150フェムト秒、780nm、3mJの高強度超短パルスレーザーが出力され、レンズ8を介して、試料台9上の固体状有機化合物（低分子有機化合物）10に照射される。

【0016】このように、フェムト秒レーザーはチャープパルス増幅による高出力チタンサファイアレーザーを用いる。この高出力チタンサファイアレーザーを単発で照射する。

【0017】試料としては、第1実施例として、m-MTDATAベンゼン溶液をガラス板にキャストして作製したアモルファス膜である。

【0018】図2は本発明の第1実施例の高強度超短パルスレーザー加工方法の要部説明図、図3はその試料の作製工程、試料及び試料の吸収スペクトルを示す図であり、図3(a)にその試料の作製工程、図3(b)にm-MTDATAの構造式、図3(c)に試料の吸収スペクトルを示している。

【0019】アモルファス膜13は、m-MTDATA（芳香族系固体状有機化合物）ベンゼン溶液11をガラス板12にキャストして作成した。すなわち、ガラス板12にm-MTDATAベンゼン溶液11を塗布して、1～2日放置した10～20μm厚さのm-MTDATAを得る。つまり、m-MTDATAベンゼン溶液11は、アモルファス状に凝縮し、励起波長（780nm）に吸収はなく、多光子過程により光が吸収されるため、試料には照射光の一部〔10%以下（最大で20%以下）〕が吸収されて励起光が均一に吸収される表面層がエッチングに至る。

【0020】この試料に、増幅したチタンサファイアレーザーパルス（中心波長780nm、FWHM=150fs）を試料表面に単発照射し、試料表面の形状変化を顕微鏡、触針式表面形状測定装置、AFMを用いて観測した。

【0021】その結果、アブレーションしきい値は約170mJ/cm<sup>2</sup>であった。

【0022】図4の上段の左側に180mJ/cm<sup>2</sup>、図4の上段の中央に227mJ/cm<sup>2</sup>、図4の上段の右側に287mJ/cm<sup>2</sup>の条件で照射した試料表面の光学顕微鏡像（暗視野証明）を示す。レーザー照射部分にステップ状にエッチングされた構造がみられ、（図2において、表面層13Aにステップエッチングが形成された）各ステップごとにしきい値が観測された。図4の下段にはそのステップ状にエッチングされた表面層の構造の模式図が示されている。この場合、しきい値は約170mJ/cm<sup>2</sup>であった。

【0023】また、各照射光強度での表面形状を触針計で測定した結果、図5及び図6に示すように、各ステップの深さは、照射光強度に依存せずほぼ一定（1ステップあたり200～250nm）であった。図7のAFM

の測定結果より、その各ステップの荒れは数nm程度でレーザー未照射部と同程度に平らであった。m-MTDATAは780nmに吸収をもたないため、表面形状の変化は多光子過程によるものであると考えられる。

【0024】上記から低分子有機ガラス材料（m-MTDATA）のフェムト秒レーザーアブレーションにおいて、ステップ状の表面エッチングが観測された（780nm励起）。そして、ステップ数は照射光強度に依存する。1ステップあたり約250nm、エッチングされた部分は約10nmのオーダーで平坦であった。

【0025】更に、試料としては、第2実施例として図8(A)に示すサビニルブルー（商品名）〔正式にはtetra-〔N-〔2-ethylhexyl〕-sulfamoyl〕-substituted Cu-phthalocyanine〕：銅フタロシアニン環にアルキル鎖が4本配位した銅フタロシアニン誘導体固体もしくは、アモルファス状に凝縮する非結晶性の銅フタロシアニン誘導体固体約600nmを用いて、第1実施例と同様にフェムト秒レーザーアブレーションを行った。図9に示すように、この試料でも、エッチング深さがステップ状に変化した（しきい値以上でエッチング深さがステップ状に変化した）。

【0026】上記したように、高強度超短パルスレーザーを、レーザーの波長で吸収係数が10μm<sup>-1</sup>以下の固体状有機化合物に対して単発で照射し、レーザー光の半分がこの固体状有機化合物に吸収される領域の表面層の最大20%以下（主に、最大10%以下）が加工される。

【0027】すなわち、レーザー光の半分が固体状有機化合物の芳香環に吸収される100nm以上の深さが一斉、つまり均一かつ同時に形状変化に至ろうとする結果、図2から明らかなように、照射光強度の増加に伴い表面層がステップ状にエッチングされる。

【0028】ここで、吸収される深さは吸収係数の逆数〔1/10(μm<sup>-1</sup>)=100(nm<sup>-1</sup>)〕である。

【0029】更に、図1に示した再生増幅器6から出力される250ピコ秒、780nm、3mJの超短パルスレーザーを用いて、第1実施例と同様にピコ秒レーザーアブレーションを行った。この場合でも、エッチング深さがステップ状に変化した。

【0030】試料としては、膜厚が約300nmの銅フタロシアニン膜〔図8(B)の真空蒸着膜〕を用いて、第1実施例と同様にピコ秒レーザーアブレーションを行った。銅フタロシアニン膜は粒径が100nm以下の微結晶の集合体である（AFMにより実測されている）。

【0031】この場合でも、エッチング深さがステップ状に変化した。

【0032】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能

であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0033】

【発明の効果】以上、詳細に述べたように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

【0034】(A) 固体状有機化合物に対して加工深さを制御できる高強度超短パルスレーザー加工方法を得ることができる。

【0035】(B) 高強度超短パルスレーザーのショット毎の照射光強度により略一定の深さのエッチングを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の高強度超短パルスレーザー加工システムの全体構成図である。

【図2】本発明の第1実施例の高強度超短パルスレーザー加工方法の要部説明図である。

【図3】本発明の第1実施例の試料の作製工程、試料及び試料の吸収スペクトルを示す図である。

【図4】本発明の第1実施例のステップ状の表面エッチング状態を示す図である。

【図5】本発明の第1実施例の高強度超短パルスレーザーのステップによるエッチング深さを示す図である。

【図6】本発明の第1実施例の高強度超短パルスレーザー

の照射光強度とエッチング深さを示す図である。

【図7】本発明の第1実施例のエッチングされた領域のAFMの測定結果を示す図である。

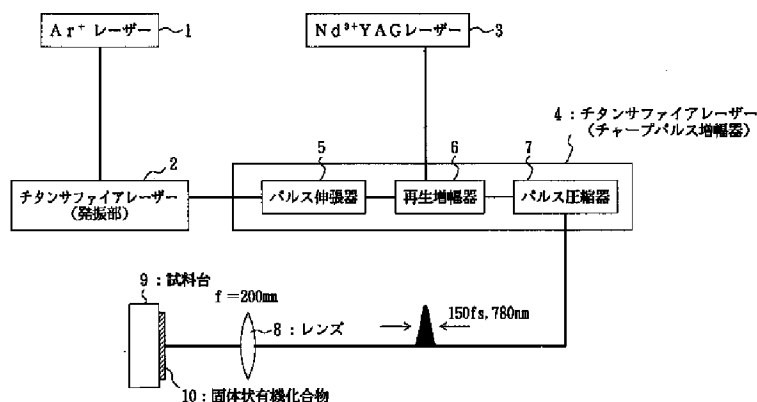
【図8】本発明の第2実施例の試料としてのサビニルブルー(A)と銅フタロシアニン(B)の化学式を示す図である。

【図9】本発明の第2実施例の高強度超短パルスレーザーの照射光強度とエッチング深さを示す図である。

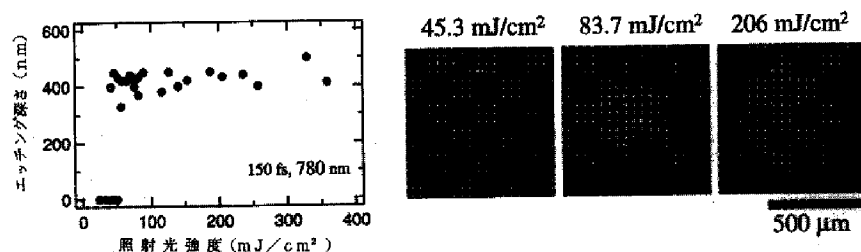
【符号の説明】

- 1 Ar<sup>+</sup>レーザー
- 2 チタンサファイアレーザー(発振部)
- 3 Nd<sup>3+</sup>:YAGレーザー
- 4 チタンサファイアレーザー(チャープパルス増幅器)
- 5 パルス伸張器
- 6 再生増幅器
- 7 パルス圧縮器
- 8 レンズ
- 9 試料台
- 10 固体状有機化合物
- 11 m-MTDATAベンゼン溶液
- 12 ガラス板
- 13 アモルファス膜

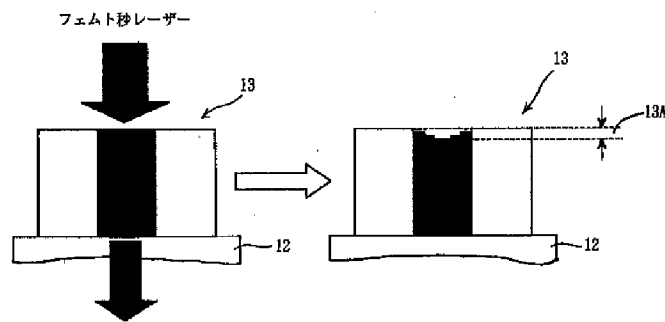
【図1】



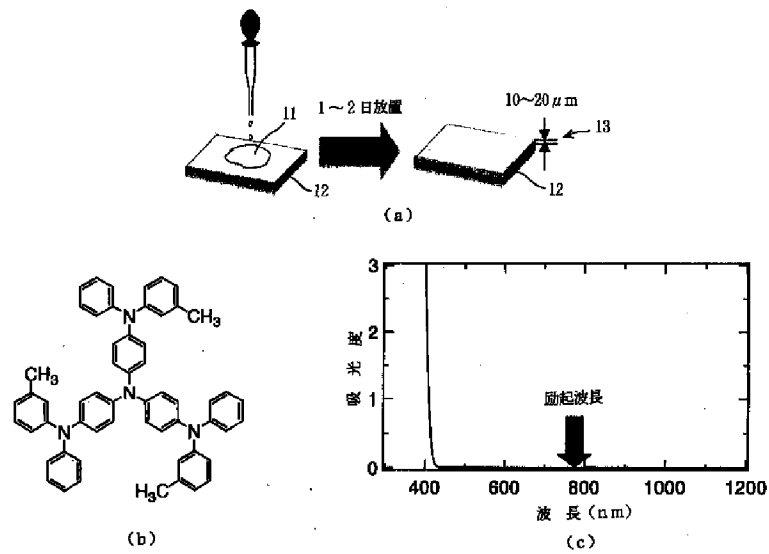
【図9】



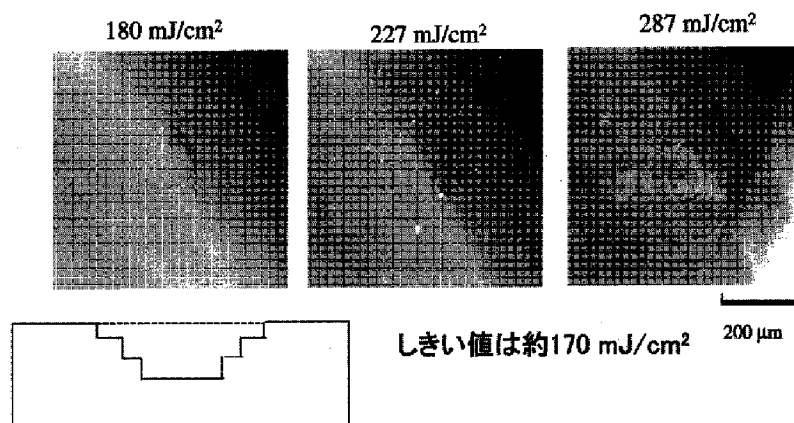
【図2】



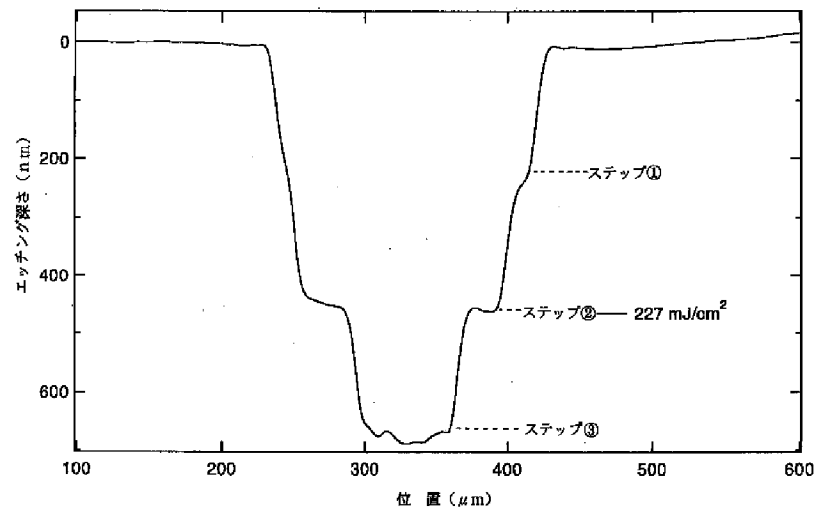
【図3】



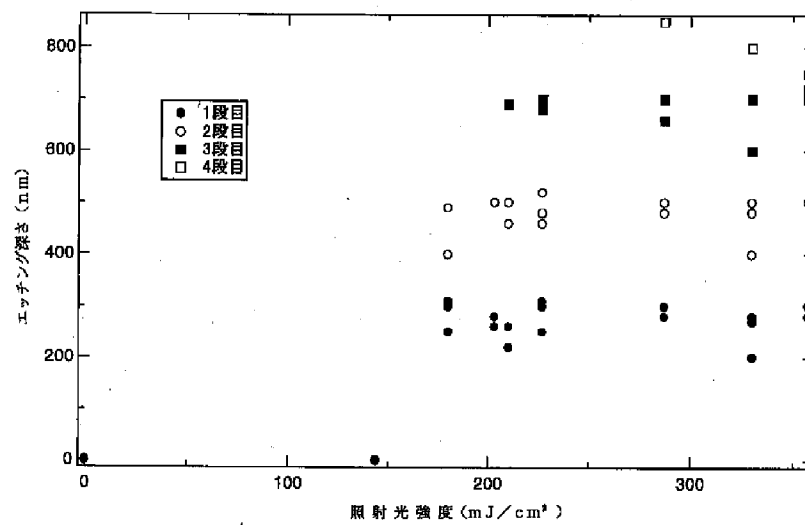
【図4】



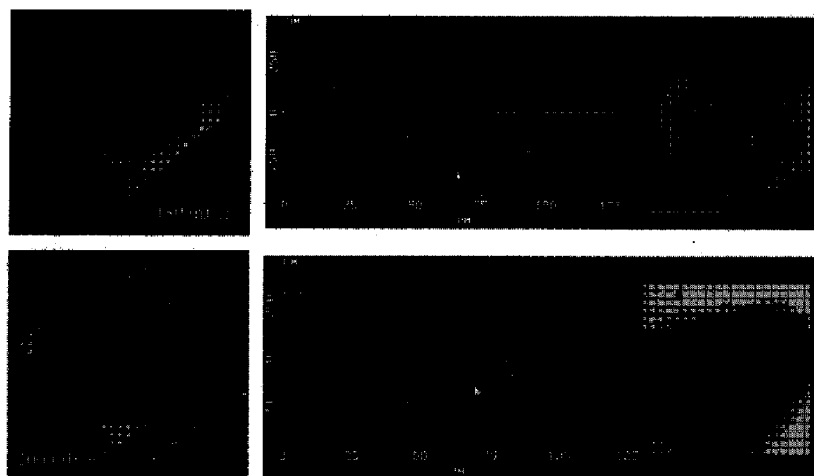
【図5】



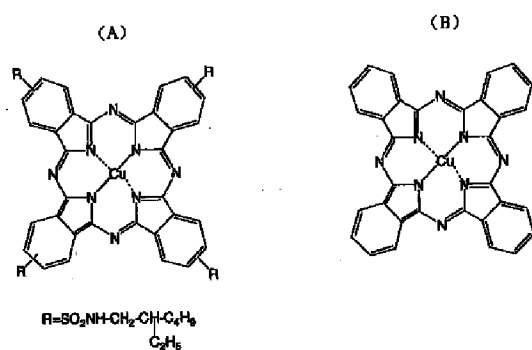
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4E068 AF01 CA03 DB07  
5F072 AB20 KK30 PP10